

ÜBER DEN ANSATZ DER BICEPSSEHNE DES MENSCHEN
AN DER TUBEROSITAS RADII

Georg Werner Martin

1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Fachbereich 05

Dekan: Prof. Dr. O. Harth
Referent: Prof. Dr. G. Müller
Korreferent: Prof. Dr. M. Watzka
Tag der mündl. Prüfung: 26.9.1973

Gesamtherstellung:



DITTERS BÜRODIENST

6501 HEIDESHEIM/RHEIN · AM KAPELLEN I
TELEFON 0 6132 / 57 11



Einleitung und Problemstellung

Die Statik und Motorik des menschlichen Bewegungsapparates wird durch das sinnvolle Zusammenspiel zwischen Muskeln, Sehnen und Knochen bestimmt. Die Sehne ist in diesem System passive Verbindung zwischen Muskel und Knochen.

In dieser Untersuchung soll der Ansatz der Bicepssehne an der Tuberositas radii als Teil des obengenannten Systems analysiert werden. Bekanntlich muß jede Sehnen-Knochenverbindung, um eine optimale Kraftübertragung von der Sehne auf den Knochen zu erreichen, während der zunehmenden Belastung in der Wachstumsphase des Menschen ihre endgültige Ausprägung erhalten.

Dieser Gedanke, daß der Knochen - abhängig von Funktion und Belastung - eine für diese Funktion und Belastung optimale Gestalt erhält, wurde zuerst im oberen Femurbereich untersucht, wo die Spongiosastrukturen in Zusammenhang mit der funktionellen Belastung gebracht wurden (H.v. Meyer 1867). Der Anstoß, der von diesen Befunden ausging, regte zu einer intensiven Erforschung weiterer Skeletteile an, um die mit ihrer Funktion zusammenhängenden Baueigenschaften zu ergründen.

Die Untersuchungen führten zur Lehre vom funktionellen Bau, die ihre Gedanken schließlich nicht nur auf den Bewegungsapparat, sondern auf den gesamten anatomischen Bau des Menschen übertrug.

Man sprach von "funktioneller Struktur" (Petersen 1930), worunter eine "eindeutige Beziehung der Bauteile zur Leistung des Organs" verstanden wurde.

Unter den funktionellen Strukturen des Bewegungsapparates spielt die Sehne als Verbindung zwischen Muskeln und Knochen eine besondere Rolle: Dort, wo durch die Kontraktion des Muskels die Kraftübertragung an der Ansatzstelle der Sehne auf den Knochen übergeht, muß sich die Lehre von der funktionellen Struktur verdeutlichen. Über die Befestigung der Sehnen gilt heute allgemein folgende Lehrmeinung:

"Die Sehne inseriert gewöhnlich an der Faserschicht des Periosts; dadurch wird der Angriff der Kraft auf eine größere Fläche verteilt. Der Knochen ist seinerseits vom Periost stumpfartig umhüllt und wird bei dessen Bewegung mitgenommen. Viel weniger häufig strahlt eine Sehne direkt in eine apophysäre Knochenerhebung ein, so z.B. die Achillessehne in das Tuber calcanei oder die Sehne des M. quadriceps femoris als Ligamentum patellae in die Tuberositas tibiae. Die pinselartig auseinanderweichenden Fasern sind hier fest in den Knochen eingemauert." (O. Bucher 1965)

Die Befestigung der Sehnen geschieht nach Petersen (1930) dadurch, daß die Sehne am Periost inseriert und die "Tuberosität die Periosthülle durch die unregelmäßig gestaltete Oberfläche ... unverrückbar am Knochen festhält."

Nach Weidenreich (1923) fehlt an den Tuberositäten das Periost vollständig und die Sehne wird als "bindegewebige Formation" durch direkte Verknöcherung selbst zum Knochenbestandteil.

G. Mollier (1937) hat die Sehnen-Knochenverbindungen genauer untersucht und kam zu der Forderung eines "schädlichen Winkels", der dadurch entsteht, daß bei einer beweglichen Sehne, die in einem starren Knochen befestigt ist und bei Abknickung über ein gewisses Maß hinaus einer übermäßigen Bieungsbeanspruchung ausgesetzt wird, diese zur Zerstörung des Materials führt.

Nach Mollier (1937) ist für die Funktion die Befestigung am Periost oder die direkte Einstrahlung gleichgültig. Er sieht die wichtigste Aufgabe der Befestigung in der Struktur des Ansatzfächers der Sehne.

Die Struktur der Tuberositäten selbst spielt ebenfalls eine bedeutende Rolle im Sehnen-Knochensystem. Nach Gebhardt (1905) fällt vor allem die Unregelmäßigkeit auf, eine "viele abortive Formen schaffende Umbautätigkeit". Auch Petersen (1930) spricht von der "verwirrenden Fülle".

Eine gewisse Regelmäßigkeit ist aber durchaus festzustellen, wenn auch immer individuelle Abweichungen vorhanden sind.

Nach neueren Untersuchungen von Knese und Biermann (1958) läßt sich "im Ansatzgebiet von Sehnen und Bändern keine scharfe morphologische Grenze zwischen den verschiedenen Formen des Stützgewebes festlegen. Stets ist eine Übergangszone vorhanden, die als Ausdruck der genetischen Zusammenhänge zu sehen ist".

Nach H. Schneider (1956) erfolgt der Vorgang der Sehnenverankerung in den Knochen "dort, wo für sie eine Epiphyse aufgebaut wird, in der Weise, daß die Sehne vorerst in die sich vergrößernde knorpelartige Matritze und anschließend in das Knochengewebe eingemauert wird".

Im Rahmen meiner Untersuchung sollen die funktionellen Strukturen des Bicepssehnenansatzes erfaßt und dadurch die verschiedenen Anschauungen über die Sehnenansätze kritisch betrachtet werden.

Untersuchungstechnik

Es wurde der Radiusabschnitt der Tuberositas radii mit dem daran hängenden Sehnenanteil der Bicepssehne von insgesamt fünf Erwachsenen und drei Totgeburten in Salpetersäure entkalkt.

Anschließend wurden Längs-, Flach- und Querschnitte mit dem Gefriermikrotom angefertigt.

Danach erfolgte Entwässerung in aufsteigender Alkoholreihe. Dann wurden die Präparate über Xylol endgültig zwischen zwei Glasplatten in Eukitt eingebettet.

Die Betrachtung der 20 μ bis 200 μ dicken Schnitte erfolgte im polarisierten Licht. Außerdem wurden einige Schnitte zur genauen Abklärung und Bestimmung der verschiedenen Gewebsanteile mit Hämatoxylin-Eosin und andere mit Resorcin-Fuchsin gefärbt.

Untersuchungsergebnisse

Betrachten wir zunächst die Schnitte, die von den Präparaten der Erwachsenen-Tuberositäten gemacht wurden. Dabei soll zunächst eine orientierende Übersicht gewonnen werden.

Bei den Schnitten, die quer zur Längsachse des Radius gelegt wurden (Abb. 1), sieht man, wie sich die breite Sehne bogenförmig seitlich dem Knochen nähert. Eine oberflächliche Faserportion geht über die breite Ansatzfläche nach links hinaus und läßt sich als schmale helle Streifen in der Knochenstruktur verfolgen.

Bei der Betrachtung der Knochenbinnenstruktur fällt auf, daß die Markhöhle auf der Seite des Sehnenansatzes mit kräftiger Spongiosa ausgefüllt ist, während die Compacta auf dieser Seite relativ dünn und teilweise auch nicht vorhanden ist. Im Gegensatz dazu weist die andere Seite eine nur spärliche Spongiosa und dickere Compacta auf.

Bei stärkerer Vergrößerung (Abb. 2) sieht man, wie die innerste und tiefste Schicht in ihrem Ansatz um etwa 90° umbiegt und dann parallelfaserig noch eine Strecke in der sich zwischen die Fasern schiebenden Knochenstruktur zu verfolgen ist.

Dieser Winkel wird zur Oberfläche und Außenseite des Ansatzes immer flacher, so, daß die oberflächlichsten Sehnenfasern schließlich an der Oberfläche des Knochens entlang laufen. Bei der Betrachtung der Schnitte, die sagittal durch die Tuberositas gelegt wurden, erkennt man, wie durch die Darstellung im polarisierten Licht die scharfe Trennung zwischen Sehnen- und Knochenstruktur hervorgehoben wird.

Besonders gut sieht man so den Anteil der Sehnenfasern, die weiter im Knochen zu verfolgen sind, also direkt einstrahlen (Abb. 3).

Weiterhin fällt eine Schichtung der Sehnenfasern auf. Von außen nach innen haben wir zunächst eine dünnere längsverlaufende Schicht, dann eine dickere querverlaufende. Darauf folgt wieder eine querverlaufende und im Inneren eine in Schnittrichtung - sagittal - verlaufende Schicht.

Die Flach- oder Tangentialschnitte durch die Tuberositas lassen wiederum erkennen, wie ein breiter Teil der Sehne direkt in den Knochen einstrahlt, wobei auch hier wiederum Sehnenanteile zwischen den Knochen zu erkennen sind (Abb. 4). Außerdem sind Sehnenstrukturen auch auf der gegenüberliegenden Seite des Sehnenansatzes zu sehen, was bedeutet, daß die gesamte Tuberositas von der ansetzenden Sehne umhüllt ist.

Nach dieser orientierenden Übersicht über den Sehnenansatz kann man sagen, daß der Ansatz nicht einheitlich ist, in dem Sinne, daß nur eine periostale Befestigung der Sehne oder nur Einstrahlung in den Knochen vorhanden ist. Es liegt vielmehr eine komplizierte Verbindung von beiden Befestigungsarten vor.

Deswegen betrachten wir zunächst die Flachschnitte (Abb. 4) etwas eingehender. Die Sehnenfasern ziehen hier in ihrer Verlaufsrichtung von links oben nach rechts unten. In der Mitte des Bildes liegt eine spaltförmige Öffnung, die durch die konvexe Verlaufsrichtung der Sehne zustande kommt: Die Fasern selbst fächern sich vor der Tuberositas auf und liegen nach außen gewölbt auf der Tuberositas. Dies ist bereits am makroskopischen Präparat zu erkennen. Man sieht außerdem, wie die Fasern auch auf der Gegenseite des Ansatzes - im Bild rechts - zu erkennen sind. Auf der Seite der ansetzenden Sehne, rechts vom Sehnenpalt, sieht man, wie Faserzüge direkt in die sehr engmaschige Spongiosa einstrahlen. An der Außenseite in diesem Gebiet sieht man, wie Fasern als quere Züge in dieses Gebiet einstrahlen und zum Teil senkrecht zu den erstgenannten Fasern verlaufen.

Durch den Verlauf der Fasern entsteht eine Art Scherengitter.

Wie aus den Abb. 2 und 4 zu erkennen ist, verlaufen die Spongiosabälkchen in gleicher Richtung wie die einstrahlenden Fasern. Zwischen diesen liegen quere Spongiosazüge.

Man erkennt auch, daß das Netzwerk der Spongiosa an der Oberfläche und in der Nähe des Sehnenansatzes sehr eng ist und nach der Markhöhle zu weitmaschiger wird. Betrachten wir noch einmal die Abb. 3, so ersieht man, wie die quergetroffenen Sehnenfasern, die den Hauptteil bilden, von längsverlaufenden Fasern unterteilt werden. Die am tief-

sten liegende Faserschicht verläuft in sagittaler Richtung.

Dies entspricht der Beobachtung in der Abb. 4, nur daß die netzartige Verflechtung und scherengitterartige Ausbildung der ansetzenden Sehne noch deutlicher wird.

In der Abb. 5 sehen wir eine Ausschnittvergrößerung aus einem Knochenquerschnitt in Resorcin-Fuchsin-Färbung.

Am oberen Bildrand verlaufen die Sehnenfasern, unten ist die Knochenstruktur zu sehen. Man erkennt, wie ein kontinuierlicher Übergang der einzelnen Sehnenfasern in die Spongiosa stattfindet. Die Verknöcherungszone ist - wie die Spongiosa - als dunkler gefärbtes Gewebe erkennbar. Die heller gefärbte Sehnenansatzstruktur ist von ihr durch die Verkalkungslinie getrennt.

Auch in der Abb. 6 ist dieser allmähliche Übergang zu sehen. Man sieht außerdem, daß die Spongiosaräume nicht leer, sondern mit Fettvakuolen ausgefüllt sind. Auch ist klar erkennbar, daß im Bereich der Tuberositas eine eigentliche Compacta nicht vorhanden ist, vielmehr geht der Sehnenansatz direkt in die Spongiosa über.

Versuchen wir die bisher geschilderten Einzelheiten zusammenzufassen:

Die Bicepssehne fächert sich vor ihrem Ansatz auf - was bei allen Präparaten makroskopisch erkennbar ist - und die einzelnen Fasern strahlen dann unter Bildung eines sich überkreuzenden Scherengitters in den Knochen ein, wobei ein kontinuierlicher Übergang in die Spongiosa vorhanden ist, dabei wird die Richtung der einstrahlenden Sehnenfasern durch die Spongiosabälkchen fortgesetzt. Außer den einstrahlenden Sehnenfasern verlaufen mehr oberflächliche Faseranteile an der Oberfläche der Tuberositas entlang in das Periost der Umgebung.

Versuchen wir nun unsere Beobachtungen in die Betrachtungsweise der funktionellen Anatomie einzuordnen und gleichzeitig noch genauer den Sehnenansatz zu beschreiben.

Dazu wollen wir zunächst auf die Arbeit von Mollier (1937) eingehen, der sich mit den Beziehungen zwischen Form und Funktion der Sehnen beschäftigt hat.

Er hat die Sehnen-Knochenverbindungen physikalisch betrachtet und daraus Schlüsse für die Form gezogen. Er unterscheidet bei den Sehnen-Knochenverbindungen zwischen dem "freien Sehnenstück" und dem "richtungsgebundenen Sehnenstück", d.h. dem in einen anderen Werkstoff eingebetteten Sehnenstück.

An dieser Stelle des Übergangs von dem einen in das andere kommt es zur Ausbildung des "schädlichen Winkels" durch Abknickung und Bieungsbeanspruchung. Zur Ausschaltung

dieses schädlichen Winkels sind verschiedene Formen des Sehnenansatzes möglich:

1. Die fächer- und trichterförmige Endausbreitung. Diese kann einmal dadurch erfolgen, daß die Fasern einfach auseinanderweichen. In Wirklichkeit kommt es aber noch zu einer Verflechtung der Sehnenfasern, so daß die in der ursprünglichen Sehne an einer ganz bestimmten Stelle zu findende Sehnenfaser in der Ansatzstruktur an ganz anderer Stelle liegt.
2. Das Ansatzpolster, das schon Petersen (1930) beschrieben hat, das heißt die Einbettung der Fasern in nachgiebiges Gewebe. Als weitere Möglichkeiten zur Ausschaltung des schädlichen Winkels werden Ablenkrollen, die Vergrößerung des Hebelarmes bei Beginn der Beugung aus der Strecklage, sowie die Einrichtung, daß die Drehung des Knochens vor vollständiger Abwicklung der Sehne erschöpft sein muß, erwähnt.

Als letzte Einrichtung wird der kegelförmige Ansatz genannt.

Dabei möchte ich nur auf die beiden ersten genannten Einrichtungen eingehen, die bei unseren Untersuchungen nachgewiesen werden konnte.

Zu 1.

Auf allen vorhandenen Schnitten sieht man

- a) eine zuerst geordnete, gleichmäßige Struktur der Sehnenfasern, die vor dem Ansatz unter gleichzeitiger Verbreiterung der Sehne verloren geht. Erst im Knochen selbst ist wieder eine - wenn auch anders geartete - Struktur zu erkennen.
- b) Man erkennt besonders bei den Flachschnitten eine Asymmetrie des Ansatzes. Proximal ist der Ansatz stärker und breiter und verjüngt sich nach distal (Abb.4). Dies entspricht einer Beobachtung Molliers (1937), wenn er schreibt, daß "die Ausbiegung der Fächerränder immer so weit geht, daß in den Randbündeln keine Winkeländerung zwischen freiem und richtungsgebundenem Stück eintreten kann. Aus diesem Grund haben wir auch die vielen Varietäten in der Form der Fächer, besonders zwischen gelenknahen und gelenkfernen Rand. Ersterer hat die Hauptspannung bei Beugung, der andere die Hauptspannung bei Streckung zu übernehmen. Da nun bei allen Gelenken der Streckungswinkel viel näher an 180° herankommt als der Beugungswinkel, finden wir auch den gelenkfernen Rand entsprechend viel weiter ausgebogen".

Zu 2.

Nach den Untersuchungen von Knese und Biermann (1958) zufolge wird der dem Knochen aufliegende Teil als "Ansatzstruktur" bezeichnet. Das heißt, daß hier außer Sehngewebe auch Knorpelgewebe gefunden wird.

Bei der Beschreibung der Tuberositas tibiae heißt es: "Man kann beobachten, daß der streng parallele Verlauf der Sehnenfasern beim Übertritt in das Knorpelgewebe aufgegeben wird."

Es wird weiter beschrieben, daß die Sehnenfasern durch den der Tuberositas aufliegenden Knorpel hindurchtreten und dabei beim Eintritt und Austritt einmal ihre Verlaufsrichtung ändern und zum anderen im Knorpel selbst "zopfartig miteinander verflochten werden". Beim Austritt aus dem Knorpel ziehen Teile der Sehne auf den Knochen zu und werden nach dem Modus der periostalen Verknöcherung unter Vorbildung von Fasern (Knese 1956 a) eingebaut. Ein zweiter Faseranteil biegt wie geschildert "in Längsrichtung des Knochens um".

Bei Schneider (1956) heißt es im selben Zusammenhang, daß die "Sehne direkt im Knochen verankert ist" und daß das Periost nicht nachgewiesen werden kann. Jedoch stellt er zur Diskussion, daß das Periost "bis zum Ende des Knochenwachstums vorhanden ist und von den Sehnenfasern siebartig durchlöchert wird. Es wäre daher verständlich, daß die beim Erwachsenen in dieser Ansatzzone zu beobachtenden Strukturverhältnisse - Fehlen des Periosts, jedoch Vorhandensein einer von Sehnenfasern durchbohrten Kalkschicht - dadurch zustande kommt, daß nach Abschluß des Knochenwachstums das Periost dem Verkalkungsprozeß anheim fällt".

Die Bezeichnung Faserknorpel wird von ihm unter Hinweis auf Petersen (1930) abgelehnt. Er bezeichnet ihn als Hyalinknorpel, durchsetzt von nicht maskierten Sehnenfasern.

Petersen (1930) stellte fest, daß dort, "wo die Band- oder Sehnenfasern aufhören den Knorpel zu durchsetzen, sich das klare Bild des Hyalinknorpels aufzeigt". Trotzdem schreibt er, daß nicht die Sehnenfasern in den Knochen zu verfolgen seien. Er ist der Meinung, daß "die Sehnenfasern in der dichten und derben Periostmasse inserieren, die die Tuberositas bedeckt". Bei den uns vorliegenden Schnitten von den Tuberositäten Erwachsener fand sich kein Hinweis auf Periost. Vielmehr sieht man, wie die Sehnenfasern sich deutlich bis in die Knochenstruktur verfolgen lassen. Ebenfalls gut erkennbar ist die von Knese und Biermann (1958) und

Schneider (1956) beschriebene Verkalkungszone, die auch schon von den älteren Autoren beschrieben wurde.

Die Fasern treten durch sie hindurch, ohne daß sich an der Struktur der Fasern etwas ändert (Abb. 3 und 5).

Man muß also in Übereinstimmung mit Schneider (1956) die in den Knochen einstrahlenden Fasern weiterhin als Sehnenfasern bezeichnen.

Betrachten wir nun die Schnitte von den Tuberositäten der Totgeburten, so sieht man einen gänzlich anderen unkomplizierten Aufbau (Abb. 7). Die Sehne erscheint dem Knochen nur aufgelagert. Man erkennt, wie das die Sehne umgebende Gewebe, das Peritenonium, einmal auf den Knochen übergeht, zum anderen Knorpelgewebe umhüllt und sich schließlich zwischen Knorpel- und Knochengewebe schiebt.

Nach Schneider (1956) "gleicht der Aufbau des Peritenoniums ganz dem des Periosts".

Dies wird auch durch die Untersuchungen von Knese und Biermann (1958) bestätigt, die ebenfalls Periost an den Tuberositäten gefunden haben.

Knese und Biermann (1958) sehen in der "Pluripotenz des Periosts" den Ausgang sowohl für das Knorpel- als auch für das Knochenwachstum. Sie haben nachgewiesen, daß mit zunehmendem Alter das Periost an Stärke abnimmt. Dabei ist es schon bei einem Kind von 1 Jahr und 2 Monaten kaum noch nachweisbar.

Dies bestätigt die Vermutung von Schneider (1956), der seine Untersuchungen nur an Erwachsenen vorgenommen hat. Er nahm an, daß das von den Fasern siebartig durchlöchernte Periost bis zum Ende des Knochenwachstums vorhanden sei. Nach den oben aufgeführten Untersuchungen von Knese und Biermann (1958) scheint die Aufgabe des Periosts an dieser Stelle schon früher zu enden.

Wie kommt es nun zu der endgültigen Ausprägung des Sehnenansatzes, wie wir ihn bei unseren Untersuchungen beschreiben konnten?

Wenn wir den Untersuchungen von Kummer (1962) folgen, so kommt die endgültige Ausprägung durch die "funktionelle Anpassung" zustande.

Kummer baut mit seinen Erkenntnissen auf den Arbeiten von Pauwels auf, der seinerseits auf die älteren Untersuchungen funktioneller Anatomie stützt.

Nach Kummer (1962) wird durch die Beanspruchung des Knochens eine Reaktion des Knochengewebes ausgelöst, die bei höheren Spannungen einem vermehrten Anbau von Knochengewebe (Hypertrophie) entspricht, bei niedrigen Spannungen dagegen mit einem Abbau (Atrophie) beantwortet wird.

Dieses gesamte System von Anbau und Abbau befindet sich in einem ständigen Fließgleichgewicht. So ist es erklärlich, daß die Tuberositas radii des Erwachsenen erst durch die Beanspruchung ihre volle Ausprägung erfahren hat.

Die Tatsache, daß am Ansatz der Sehne die aufgefächerten Sehnenfasern in dichte Spongiosa übergehen, ist dadurch erklärbar, daß die einwirkende Zugkraft der Sehne in viele kleine Einzelkräfte zerlegt werden muß, um bei geringem Materialaufwand eine optimale Festigkeit zu garantieren. Gleichzeitig dienen die mit Fettmark ausgefüllten Spongiosaräume dazu, die elastische Verformung des Knochens zu dämpfen.

Wie in der Abb. 1 zu sehen ist, wird das System der Spongiosa auf der gegenüberliegenden Seite des Knochenansatzes durch eine dicke Compacta wie bei einer Verankerungsplatte aufgefangen. Wie der Bau der Tuberositas radii in seiner Gesamtheit aussieht, zeigt das Röntgenbild eines Radiusabschnittes (Abb. 8).

Hier wird deutlich erkennbar, daß die das Material oder besser gesagt die Gewebsgrenze eine entscheidende Rolle bei der Beschreibung funktioneller Systeme spielt. Erst die Betrachtung von Sehne und Knochen als ein Ganzes läßt die Struktur des Knochens und der Sehne erklärbar werden.

An den Schluß dieser Überlegungen und gleichzeitig meiner Untersuchung möchte ich ein Zitat von A. Benninghoff (1952) stellen, der sagt, daß "neben den alten Abgrenzungen der Anatomie vor allem die Verknüpfungen wichtig sind, sie erst lehren uns den funktionellen Bau verstehen Da diese Wirkgefüge sich nicht mit den Begriffen Organ und Gewebe decken, habe ich sie funktionelle Systeme genannt".

Zusammenfassung

In der Literatur sind über die Sehnenansätze unterschiedliche Auffassungen zu finden. Es werden aber zwei Befestigungssysteme unterschieden, die heute als allgemeinverbindlich anerkannt werden:

1. Die Befestigung am Periost des Knochens.
2. Die apophysäre Knochenbefestigung, wobei hier die Fasern direkt in das Knochengewebe einstrahlen.

Die Untersuchungen des Bicepssehnenansatzes ließen zunächst vermuten, daß es sich um eine apophysäre Knochenbefestigung handelt.

Durch die Untersuchung konnte aber gezeigt werden, daß zwar der überwiegende Teil der Bicepssehnenfasern direkt in die Tuberositas radii einstrahlt, jedoch auch andere oberflächliche Faseranteile im Periost der Umgebung der Tuberositas radii verankert sind.

Diese Ansatzweise ist der Funktion, d.h. Beugung und Supination des Unterarmes angepaßt.

Bei Neonaten ist diese Befestigungsart, wie gezeigt werden konnte, noch nicht vorhanden.

Das Befestigungssystem der Sehne selbst ist sehr vielgestaltig.

Bei möglichst geringem Materialaufwand erfüllt es eine optimale Funktion.

Zur Ausschaltung von Biege- und Scherkräften dienen:

1. Die zopfartige, fächerförmige Endausbreitung der Sehne.
2. Die Einbettung der Sehnenfasern in die sogenannte Ansatzstruktur.
3. Der Übergang der Sehnenfasern in ein engmaschiges Spongiosasystem.
4. Fettmark zur Verformungsdämpfung zwischen den Spongiosabälkchen.
5. Eine dicke Compacta auf der gegenüberliegenden Seite zur Verankerung der Spongiosa.

Literatur:

- Benninghoff, A.: Das Problem der organischen Form
8. Auflage
Marburg, 1952
- Benninghoff, A. und
K. Goerttler: Lehrbuch der Anatomie des Menschen, 1. Band
8. Auflage
München und Berlin, 1961
- Braus, H.: Anatomie des Menschen, 1. Band
3. Auflage
Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1954
- Bucher, O.: Histologie und mikroskopische Anatomie des
Menschen
4. Auflage
Bern, 1965
- Gebhardt, W.: Über funktionell wichtige Anordnungsweisen
der feineren und gröberen Bauelemente des
Wirbeltierknochens
Arch.Entw.mech.Organ., 20 (1905) S. 187-322
- Knese, K.-H. und
H. Biermann: Die Knochenbildung an Sehnen- und Bandansätzen
im Bereich ursprünglich chondraler Apophysen
Zschr.Zellforsch., 49 (1958) S. 142-187
- Kummer, B.: Funktioneller Bau und funktionelle Anpassung
des Knochens
Anat.Anz., 111 (1962) S. 261-293
- Meyer, H.v.: Die Architektur der Spongiosa
Reichert und Du Bois - Reymond's Archiv
(1867) S. 615-628

- Mollier, G.: Beziehungen zwischen Form und Funktion der Sehne im Muskel- Sehnen-Knochensystem
Gegenbauers morph. Jb., 79 (1937) S. 161-199
- Petersen, H.: Der Feinbau des Knochens als "funktionelle Struktur" in:
Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Hrsg. W.v.Möllendorff, 2. Band, 2. Teil, 4. Auflage
Berlin, 1930, S. 573-586
- Petersen, H.: Die Verbindung des Knochengewebes mit anderen Geweben im knöchernen Skelettstück in:
Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Hrsg. W.v.Möllendorff, 2. Band, 2. Teil, 4. Auflage
Berlin, 1930, S. 587-619
- Schneider, H.: Zur Struktur der Sehnenansatzzonen
Zschr. Anat. Entw. gesch. (1956) S. 431-456
- Spalteholz, W. und R. Spanner: Handatlas der Anatomie des Menschen
16. Auflage
Amsterdam, 1959
- Weidenreich, F.: Über Sehnenverknöcherungen und Faktoren der Knochenbildung
Z. Anat. 69 (1923) S. 558-597



Abb. 1

Männlicher Erwachsener.

Querschnitt des Radiusknochens in Höhe der Tuberositas radii.

Schnittdicke 100 μ . Vergrößerung 60-fach.

Polarisiertes Licht.



Abb. 2

Männlicher Erwachsener.

Querschnitt wie Abb. 1

Vergrößerung 120-fach, Polarisiertes Licht.

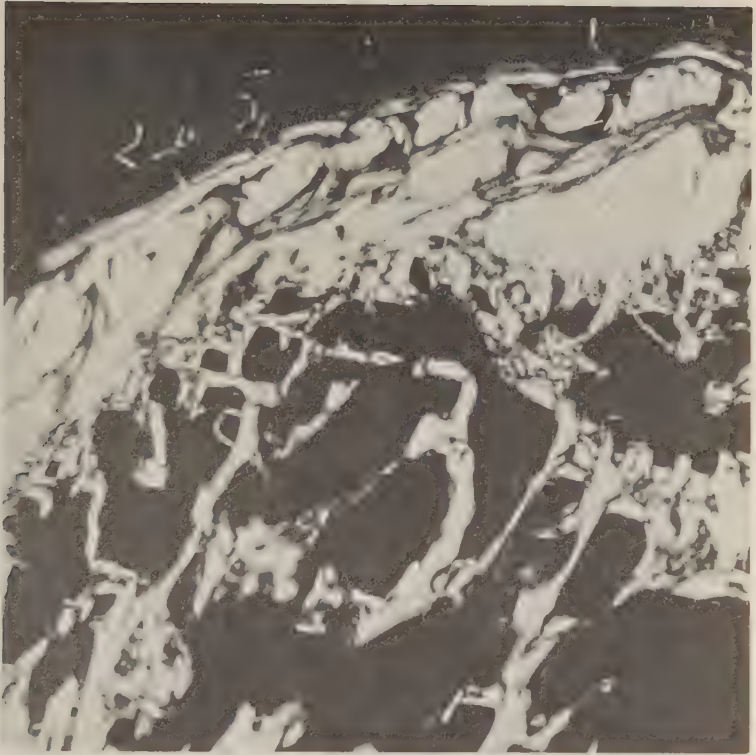


Abb. 3

Weiblicher Erwachsener.

Längsschnitt durch den Radiusknochen in Höhe der Tuberositas radii.

Schnittdicke 150 μ . Vergrößerung 120 - fach.

Polarisiertes Licht.



Abb. 4

Männlicher Erwachsener.

Flachschnitt durch den Kollisionskegel in Höhe der Tuberositas cordis.

Schnittdicke 100 μ . Vergrößerung 120-fach.

Polarisiertes Licht.



Abb. 5

Männlicher Erwachsener.

Querschnitt durch den Radiusknochen in Höhe der Tuberositas radii.

Resorcin - Fuchsin - Färbung. Schnittdicke 100 μ .

Vergrößerung 180 - fach.

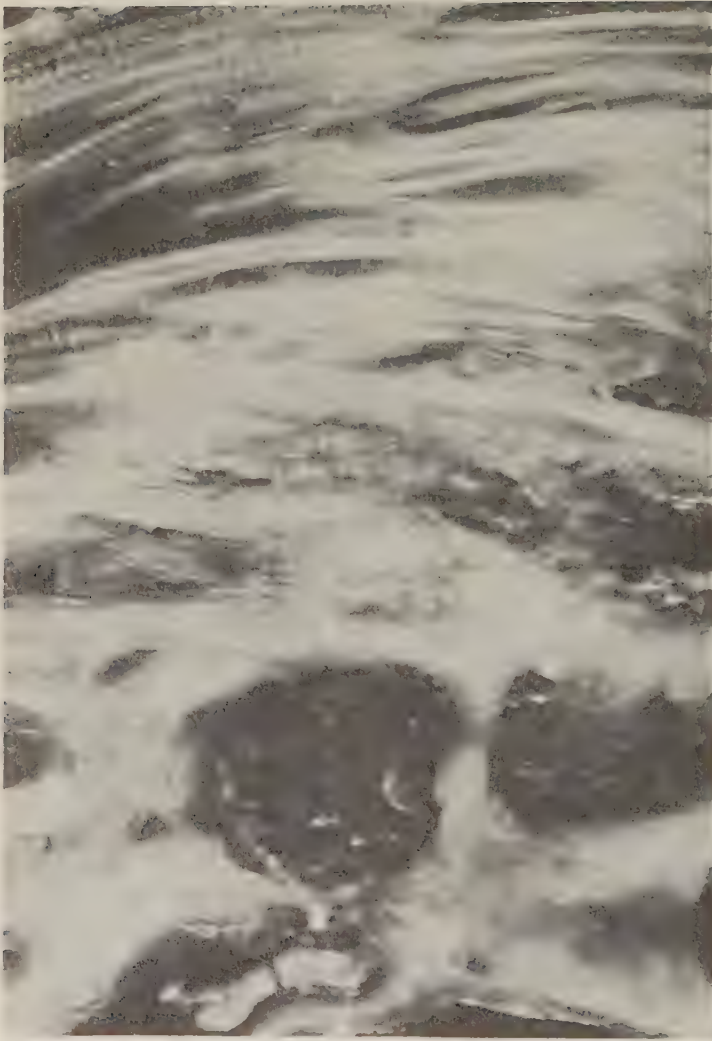


Abb. 6 Männlicher Erwachsener

Querschnitt durch den Radiusknochen in Höhe der Tuberositas radii.
Schnittdicke 100 μ . Vergrößerung 480-fach.
Polarisiertes Licht.



Abb. 7

Männliche Totgeburt.
Längsschnitt durch die Tuberositas radii.
Schnittdicke 20 μ . Vergrößerung 120-fach.
Polarisiertes Licht.



Abb. 8

Röntgenaufnahme des proximalen Radiuschaftes mit der Tuberositas radii im seitlichen Strahlengang.

LEBENS LAUF

Am 3. Mai 1940 wurde ich als Sohn des Arztes Dr.med. Werner Martin und seiner Ehefrau Helene, geb. Kathol, in Bernkastel-Kues geboren.

In Thalfang, Reg.-Bezirk Trier, wo mein Vater als praktischer Arzt tätig war, besuchte ich die Volksschule. Von 1953 bis 1962 war ich Schüler des Max Planck-Gymnasiums in Trier. 1962 legt ich dort das Abitur ab.

Vom Sommersemester 1962 bis zum Wintersemester 1967/68 studierte ich Medizin an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz, wo ich am 4. Juli 1968 das Medizinische Staatsexamen bestand.

Während meiner Medizinalassistentenzeit bis zu meiner Approbation im Februar 1970 war ich am Gesundheitsamt Mainz, an der Universitätsklinik für Kinder und am Vincenz- und Elisabeth-Hospital in Mainz tätig.

Mit Beginn meiner ärztlichen Tätigkeit arbeitete ich zunächst vom 1. Mai 1970 bis Ende Februar 1971 als Assistenzarzt an der Chirurgischen Abteilung des Vincenz- und Elisabeth-Hospitals in Mainz.

Seit dem 1. April 1971 bin ich Assistent an der Urologischen Abteilung des Bräderkrankenhauses in Trier.

Mein Berufsziel ist Urologe.

